

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕТРОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РФ

*Аликина К. Н., Пахалуев В. М.
УрФУ*

Мировая энергетика в настоящее время взяла курс на переход к рациональному сочетанию традиционных и новых источников энергии. Характерной тенденцией развития мировой экономики в этот период будет систематическое снижение доли органического топлива и компенсирующий рост доли возобновляемых энергетических ресурсов.

Неисчерпаемая тепловая энергия Земли – геотермальная энергия – занимает среди ВИЭ одно из лидирующих мест. Главным достоинством является её практическая неиссякаемость и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

В отличие от гидротермальной геоэнергетики, использующей в качестве теплоносителя горячие подземные воды и пар, в петротермальной геоэнергетике источником энергии являются нагретые до 150-300 °С породы кристаллического фундамента.

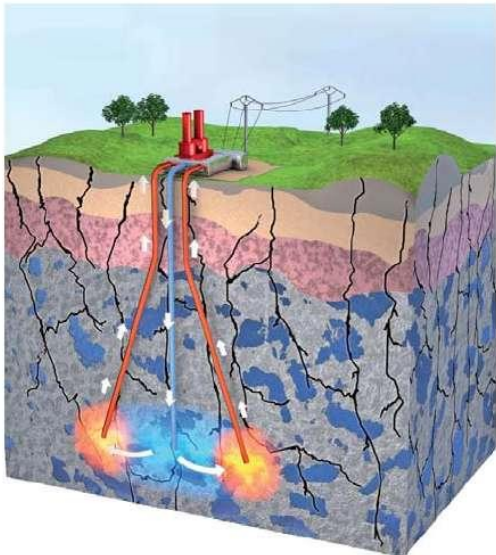
Геотермические градиенты, характеризующие повышение температур за счет горячих недр Земли, в среднем близки к 3 °С на 100 м. При этом на стабильных в тектоническом отношении зонах (на платформах) нагретые до 100-180 °С породы будут наблюдаться на глубинах 4-6 км. Этих температур достаточно для отопления и горячего водоснабжения различных категорий потребителей.

Производство электроэнергии на базе глубинного тепла Земли возможно при температуре массивов не менее 250 °С. Такая температура достижима на глубине около 10 км. В тектонически активных и вулканических областях эти глубины могут составлять сотни метров, но практически во всех подобных зонах давно развивается гидротермальная энергетика.

По результатам геолого-физических исследований в тектонически стабильных зонах можно выявить так называемые «тепловые котлы» или «тепловые купола», где нагретые до необходимых температур породы залегают на относительно небольших глубинах. Если глубина их залегания близка к 5 км, то использование петротермальных систем тепло- и электроснабжения в подобных местах может стать рентабельней традиционной углеводородной энергетики.

В настоящее время активно ведутся разработки технологии извлечения тепла из горячих сухих подземных коллекторов, получившие название HDR (Hot Dry Rock – горячая сухая порода) в 65 странах мира, а в некоторых уже успешно используются для отопления и кондиционирования воздуха (Франция, США, Япония, Германия и др.). Для производства электроэнергии планируется использование аномально горячих сухих пород («тепловых котлов»), залегающих на относительно небольшой глубине, как, например, в бассейне Купер (Южная Австралия), где на глубине 3,5-4,5 км обнаружены сухие породы с температурой 240-300 °С. В этом месте намечается строительство электростанции мощностью более 1 ГВт. Для сравнения это средняя мощность одного современного блока АЭС.

Сущность HDR-технологии заключается в следующем. Пробурируется две-три скважины до глубин с температурами, отвечающими требованиям теплоснабжения или производства электроэнергии. Одна из скважин является нагнетательной, подающей под давлением воду в зону нагрева, а другие – эксплуатационными, по которым образующийся пар с необходимой температурой поступает на поверхность (рисунок). Если естественная



проницаемость раскаленного массива пород недостаточна, то осуществляется его гидроразрыв для образования подземного «котла». Методы гидроразрыва пластов и наклонного бурения скважин хорошо освоены нефтегазовой промышленностью и успешно применены для создания петротермальных циркуляционных систем (ПЦС). Трещины, образовавшиеся в породах в результате гидроразрыва, поддерживаются в раскрытом состоянии гидростатическим давлением жидкости. При этом потери теплоносителя в окружающий массив на практике составляли около 1 % его общего расхода.

Для эффективной работы циркуляционных систем необходимо иметь или создать в зоне отбора тепла достаточно развитую теплообменную поверхность. Такой поверхностью обладают или встречающиеся на различных глубинах пористые пласты и зоны естественной трещиноватости, проницаемость которых позволяет организовать принудительную фильтрацию теплоносителя с эффективным теплообменом и извлечением тепловой энергии горных пород, или искусственного создания методом гидравлического разрыва (гидроразрыва) теплообменные поверхности в слабопроницаемых массивах. Известны примеры гидроразрыва с трещинами протяженностью до 2–3 км.

Механизм гидроразрыва представляет собой хрупкое разрушение пород с расширением природных трещины и с образованием новых трещин в результате растягивающих или сдвигающих деформаций массива под влиянием давления рабочей жидкости (воды), приложенного к стенке скважины, а далее к борту растущей трещины, причем избыточный объем жидкости служит гидравлическим клином.

Для обеспечения модернизации экономики и дальнейшего социально-экономического развития регионов Российской Федерации группой российских ученых и специалистов разработан инновационный проект «Развитие петротермальной энергетики России». Проект основан на извлечении и использовании теплоты, аккумулированной в «сухих» горячих горных породах земной коры с целью выработки на ее основе постоянных, экономически доступных электроэнергии и тепла для стабильного обеспечения отдаленных, малоосвоенных и энергодефицитных районов России. Он полностью базируется на отечественной технике.

Отличие отечественной разработки от зарубежных аналогов состоит в том, что решена проблема высокой стоимости сверхглубокого бурения скважин. Группа российских ученых и специалистов разработала несколько вариантов буровых снарядов (БС), являющихся отечественным «ноу-хау». Аналогов данному изобретению в мировой практике нет. Скорость бурения твердых пород (средняя плотность – 2500-3300 кг/м³) одного из первых вариантов буровых снарядов (БС-01) составляет до 30 м/ч, что на порядок выше, чем при традиционном механическом бурении. В результате резко сокращается время бурения и существенно уменьшается стоимость создания ПЦС. Другой вариант разрабатываемого бурового снаряда характеризуется еще более высокими значениями эксплуатационных показателей.

Среди относительных преимуществ эксплуатации геотермальных источников перед другими видами энергетических ресурсов можно выделить: низкий риск возникновения экологически опасной ситуации, независимость эксплуатации от времени суток и погодных условий, наименьшие финансовые затраты на эксплуатацию электростанций. К недостаткам относят сложность осуществления надежной разведки и основную приуроченность к активным геодинамическим зонам планеты, обладающим сравнительно высоким тепловым потоком, большая стоимость и техническая сложность процесса бурения сверхглубоких скважин.

Библиографический список

1. Гнатусь Н.А. Тепловая энергия Земли – основа будущей теплоэнергетики // Новости теплоснабжения. 2006. № 12.
2. The European Hot Dry Rock Project at Soultz [Электронный ресурс]: URL: <http://www.soultz.net/version-en.htm>
3. Смыслов А.А., Моисеенко У.И., Чадович Т.З. Тепловой режим и радиоактивность Земли. Л.: Недра, 1979. 191 с.
4. “Hot Dry Rock” company float to fund South Australian pilot plant [Электронный ресурс] URL: <http://www.aie.org.au/pubs/hotdry.htm>

О РОЛИ ОБЪЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕМОНТИРУЕМЫХ СИСТЕМ В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ И ДОЗОВЫХ ЗАТРАТ ПЕРСОНАЛА ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

*Батенков Д.И., Лукьяненко В.Ю., Таишыков О.Л.
УрФУ, vera-lukyanenko@mail.ru*

Жизненный цикл блока АЭС, как и любого физического объекта, созданного человеком для обеспечения своей жизнедеятельности, включает в себя следующие этапы: сооружение, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию, вывод из эксплуатации.

Вывод из эксплуатации является завершающим этапом этого цикла. В соответствии с Общими положениями обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97) это процесс осуществления комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключающий использование блока в качестве ис-